

D<sup>R</sup> ROGER LAMY  
de la Faculté de Médecine de Paris  
Licencié ès-sciences physiques

---

746

LE TEST ÉLECTRIQUE  
DE  
L'ANGLE D'IMPÉDANCE

Travail du Service Central de Physiothérapie  
de l'Hotel-Dieu  
(Clinique du Professeur Carnot)

---

PARIS  
IMPRESSIONS BLONDEL LA ROUGERY  
7, rue Saint-Lazare, 7

---

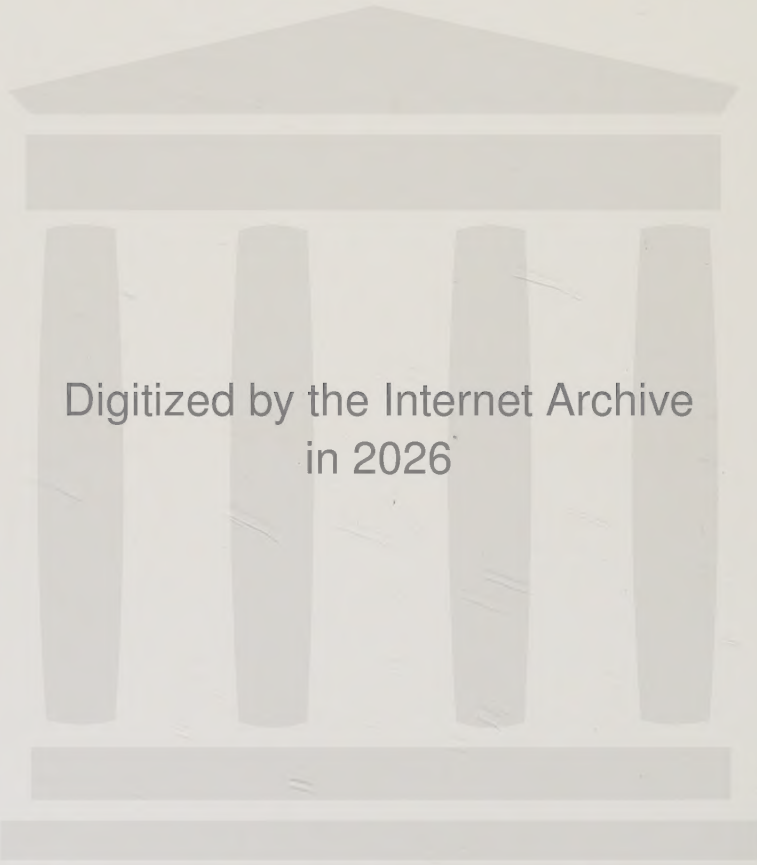
1935



Le Test électrique  
DE  
**l'angle d'impédance**

Travail du Service Central de Physiothérapie  
de l'Hotel-Dieu  
(Clinique du Professeur Carnot)

---



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

---

Année 1935

# THÈSE

POUR LE

## DOCTORAT EN MÉDECINE

(Diplôme d'État)

PAR LE

**DR ROGER LAMY**

*Né le 20 septembre 1900 à Montluçon*

### Le Test électrique

DE

### **l'angle d'impédance**

Travail du Service Central de Physiothérapie  
de l'Hotel-Dieu

(Clinique du Professeur Carnot)

---

*Président : M. CARNOT, Professeur.*

---

PARIS

IMPRESSIONS BLONDEL LA ROUGERY

7, Rue Saint-Lazare, 7

—  
1935

I. — PROFESSEURS

|                                                                     | MM.                |
|---------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Anatomie .....                                                      | ROUVIÈRE.          |
| Physiologie .....                                                   | Léon BINET.        |
| Physique médicale .....                                             | STROHL.            |
| Chimie médicale .....                                               | DESGREZ.           |
| Bactériologie .....                                                 | Robert DEBRÉ.      |
| Parasitologie et histoire naturelle médicale .....                  | BRUMPT.            |
| Pathologie médicale et générale .....                               | BAUDOUIN.          |
| Pathologie chirurgicale .....                                       | CHEVASSU.          |
| Anatomie pathologique .....                                         | ROUSSY.            |
| Histologie .....                                                    | CHAMPY.            |
| Pharmacologie et matière médicale .....                             | TIFFENEAU.         |
| Thérapeutique .....                                                 | HONSIER.           |
| Hygiène et médecine préventive .....                                | TANON.             |
| Médecine légale .....                                               | BALTHAZARD.        |
| Histoire de la médecine et de la chirurgie .....                    | Laignel-Lavastine. |
| Pathologie expérimentale et comparée .....                          | FIESSINGER.        |
| Hydrologie thérapeutique et climatologie .....                      | Maur. VILLARET.    |
|                                                                     | LOEPER.            |
| Clinique médicale .....                                             | CARNOT.            |
|                                                                     | CLERC.             |
|                                                                     | Marcel LABBÉ.      |
| Hygiène et clinique de la première enfance .....                    | LEREBoullet.       |
| Clinique des maladies des enfants .....                             | NOBÉCOURT.         |
| Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale ..... | H. CLAUDE.         |
| Clinique des maladies cutanées et syphilitiques .....               | GOUGEROT.          |
| Clinique des maladies du système nerveux .....                      | GUILLAIN.          |
| Clinique des maladies infectieuses .....                            | LEMIERRE.          |
|                                                                     | CUNÉO.             |
| Clinique chirurgicale .....                                         | GOSSET.            |
|                                                                     | GRÉGOIRE.          |
|                                                                     | LENORMANT.         |
| Clinique ophtalmologique .....                                      | TERRIEN.           |
| Clinique urologique .....                                           | MARION.            |
|                                                                     | BRINDEAU.          |
| Clinique d'accouchements .....                                      | COUVELAIRE.        |
|                                                                     | JEANNIN.           |
| Clinique gynécologique .....                                        | OMBRÉDANNE.        |
| Clinique chirurgicale infantile et orthopédie .....                 | RATHERY.           |
| Clinique thérapeutique médicale .....                               | LEMAITRE.          |
| Clinique oto-rhino-laryngologique .....                             | Pierre DUVAL.      |
| Clinique thérapeutique chirurgicale .....                           | SERGEANT.          |
| Clinique propédeutique .....                                        | BEZANÇON.          |
| Clinique de la Tuberculose .....                                    | MATHIEU.           |
| Clinique chirurgicale orthopédique de l'adulte .....                | HOVELAQUE.         |
|                                                                     | MULON.             |
| Professeurs sans chaire .....                                       | OLIVIER.           |
|                                                                     | VERNE.             |
|                                                                     | MocQUOT.           |



## II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

BÉNARD (H.) . Pathologie médicale.  
 BERNARD (Et.) Pathologie médicale.  
 BOULIN . . . . Pathologie médicale.  
 BULLIARD . . . Histologie.  
 CATHALA . . . Pathologie médicale.  
 CHEVALLIER . Pathologie médicale.  
 DOGNON . . . . Physique.  
 FEY . . . . . Urologie.  
 GALLIARD . . . Parasitologie  
 GASTINEL . . . Bactériologie.  
 DE GAUDART D'ALLAINES . . Pathologie  
                                           chirurgicale.  
 GAYET . . . . . Physiologie.  
 GIROUD . . . . . Histologie.  
 HAGUENEAU . Pathologie médicale.  
 HALPHEN . . . Oto-rhino-laryngologie.  
 HAZARD . . . . Pharmacologie.  
 HUGUENIN . . Anatomie pathologique.  
 JOANNON . . . Hygiène.  
 LABBÉ (Henri) Chimie biologique.  
 LACOMME . . . Obstétrique.

MM.

LANTUÉJOUL . Obstétrique.  
 LAROCHE (G.) Pathologie médicale.  
 LEMAIRE . . . . Pathologie expérimentale.  
 LEVEUF . . . . . Pathologie chirurgicale.  
 M<sup>lle</sup> J. LÉVY. Pharmacologie.  
 LÉVY-VALENSI Neurologie et psychiatrie.  
 MOREAU . . . . Pathologie médicale.  
 MOULONGUET. Pathologie chirurgicale.  
 MOUQUIN . . . Pathologie médicale.  
 OBERLING . . . Anatomie pathologique.  
 PETIT-DUTAILLIS . Pathologie chirurgi-  
                                           cale.  
 PIÉDELIÈVRE . Médecine légale.  
 PORTES . . . . . Obstétrique.  
 RICHET . . . . . Physiologie.  
 SANNIÉ . . . . . Chimie biologique.  
 SÉNÈQUE . . . . Pathologie chirurgicale.  
 TROISIER . . . Pathologie expérimentale.  
 TURPIN . . . . . Pathologie médicale.  
 VIGNES . . . . . Obstétrique.  
 WILMOTH . . . Pathologie chirurgicale.  
 BESANÇON (J). Hydrologie.

## III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

ALGLAVE . . . Pathologie chirurgicale.  
 BUSQUET . . . Pharmacologie.  
 CHAILLEY-BERT Physiologie.

MM.

LEROUX . . . . Anatomie pathologique.  
 NEVEU-LEMAIRE Parasitologie.

# IV. — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE ANNEXE

## A TITRE PERMANENT

| MM.              |                    | MM.              |                        |
|------------------|--------------------|------------------|------------------------|
| ABRAMI . . . . . | Clinique médicale. | BASSET . . . . . | Clinique chirurgicale. |
| ALAJOUANINE.     |                    | BROCQ . . . . .  |                        |
| AUBERTIN . . .   |                    | CADENAT . . .    |                        |
| BRULÉ . . . . .  |                    | GATELLIER . .    |                        |
| CHABROL . . . .  |                    | HEITZ-BOYER.     |                        |
| CHIRAY . . . . . |                    | MOURE . . . . .  |                        |
| DONZELOT . .     |                    | QUENU . . . . .  |                        |
| DUVOIR . . . . . |                    | SCHWARTZ . .     |                        |
| LIAN . . . . .   |                    | VELTER . . . . . |                        |
| PASTEUR-VAL-     |                    |                  |                        |
| LERY-RADOT       |                    |                  |                        |
| SÉZARY . . . . . |                    |                  |                        |

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| MM. ECALLE . . . . | Clinique obstétricale. |
| GUENIOT . . . . .  |                        |
| LE LORIER . .      |                        |
| LÉVY-SOLAL .       |                        |
| METZGER . . .      |                        |

## V. — CHARGÉS DE COURS

|                           |                      |
|---------------------------|----------------------|
| MM. CHAILLEY-BERT, agrégé | Education physique.  |
| LEDOUX-LEBARD . . . . .   | Radiologie clinique. |
| WEIL-HALLÉ . . . . .      | Puériculture.        |
| FREY . . . . .            | Stomatologie.        |

*Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.*

A NOTRE PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CARNOT

Médecin de l'Hôtel-Dieu  
Membre de l'Académie de Médecine

*Hommage de reconnaissance pour l'honneur qu'il  
nous a fait en acceptant la présidence de cette thèse.*

---

## A NOS MAITRES

---

MONSIEUR LE DOCTEUR SAINTON

Médecin de l'Hôtel-Dieu

*qui nous a indiqué le sujet de ce travail et qui a été  
pour nous un guide précieux et bienveillant.*

*Hommage de très respectueuse gratitude.*

---

MONSIEUR LE DOCTEUR DAUSSET

Chef du Service Central de Physiothérapie de l'Hôtel-Dieu

*à qui nous devons également le sujet de cette  
thèse, et qui, en mettant à notre disposition les  
ressources de son service, nous a permis d'effectuer  
nos recherches.*

*Hommage de reconnaissance et de respectueux  
attachement.*

---

MONSIEUR LE DOCTEUR HENRI DEJUST

Chef-adjoint du Service Central de Physiothérapie de l'Hôtel-Dieu

*dont l'amitié nous est chère.*

*Nous n'oublierons jamais les conseils éclairés  
qu'il nous a prodigués.*

*Hommage d'affectueuse gratitude.*

---

MEIS ET AMICIS

---

## INTRODUCTION

---

A Londres, dès 1933, M<sup>me</sup> BRAZIER annonça qu'en faisant traverser le corps humain par une certaine forme de courant alternatif, dans certaines conditions, on pouvait, au moyen de mesures électriques, connaître l'état du fonctionnement thyroïdien.

C'est avec scepticisme que nous avons repris ses recherches; il nous semblait bien téméraire d'introduire une notion aussi mathématique que l'Angle d'Impédance dans le domaine clinique, dont l'instabilité et l'incertitude seraient les titres de grandeur d'après le Professeur MAURIAC.

Nous avons dû cependant nous incliner devant les faits; ce sont ceux-ci que nous rapportons dans ce travail.

Répétant les expériences de M<sup>me</sup> BRAZIER, nous avons dû nous conformer à des modes opératoires déjà établis, et adopter certaines façons d'exprimer les résultats; mais, chemin faisant, retenu pas des constatations inattendues, nous avons abordé l'étude de questions nouvelles, par exemple celle de la variation de l'Angle d'Impédance sous l'influence de la diathermie glandulaire.

Après un court aperçu historique, dans lequel il nous a paru utile et juste de rappeler spécialement le travail précurseur de VIGOUROUX, nous avons consacré le second chapitre à la définition de l'Angle d'Impédance et à la description de l'appareil de mesure.

Dans le troisième chapitre, nous avons étudié la valeur du nouveau test chez les individus normaux et tenté d'analyser le mécanisme de la polarisation des tissus vivants.

Il s'agit là d'un problème bien délicat, mais d'actualité; à une époque où se multiplient les modalités d'application de l'électrothérapie, il est souhaitable de connaître le comportement de l'organisme au passage du courant électrique.

Les résultats relatifs à la valeur de l'Angle d'Impédance dans les thyroétoxicoses et les goîtres simples ont fait l'objet d'un

quatrième chapitre. Chaque fois qu'il a été possible, nous avons déterminé le Métabolisme basal en même temps que l'Angle d'Impédance, en vue d'une comparaison entre les résultats des deux tests dont les bases scientifiques sont tout à fait différentes.

Enfin, nous avons rassemblé dans un dernier chapitre quelques expériences physiopathologiques ainsi que nos observations sur la variation de l'Angle d'Impédance sous l'influence de la diathermie des glandes endocrines. Notre travail n'est qu'une contribution à l'étude d'un sujet particulièrement complexe et loin d'être épuisé. Nos résultats peuvent être dès maintenant utilisés en clinique, mais ils constituent surtout un point de départ pour de nouvelles recherches auxquelles nous nous proposons de consacrer nos efforts.

---

## CHAPITRE PREMIER

---

### HISTORIQUE

L'étude de la conductibilité électrique du corps humain n'est pas une question nouvelle, elle a tenté déjà beaucoup d'électro-physiologistes et de nombreux travaux lui ont été consacrés.

Les premiers auteurs se sont placés, le plus souvent, dans les conditions où l'on appliquait ordinairement le courant électrique à l'homme, et ils ont cherché à mesurer la résistance des tissus vivants en courant continu.

Mais ils se sont heurtés au phénomène de polarisation dont il a fallu déterminer l'influence.

Plus récemment, et grâce aux ressources nouvelles de la physique moderne, on s'est attaché à mesurer la capacité électrique du corps humain, avec l'espoir de découvrir un test utilisable pour le diagnostic de certaines altérations fonctionnelles.

Afin d'avoir une idée d'ensemble des résultats acquis dans un domaine aussi vaste, nous allons considérer séparément, et un peu arbitrairement, les recherches relatives à la résistance électrique et à la polarisation et celles qui ont eu pour objet la mesure de la capacité.

#### I. — RÉSISTANCE ET POLARISATION

Lorsqu'on a voulu mesurer la résistance électrique des tissus vivants, on a constaté qu'elle n'était pas définie au point de vue physique et qu'elle variait avec la durée de passage du courant.

Les premiers résultats ont été particulièrement discordants. En 1883, JOLLY [1] de Strasbourg, utilisant la méthode du pont de Wheatstone, trouvait des valeurs énormes : quelques centaines de milliers d'ohms en courant continu et sept mille ohms seulement en courant faradique.

Peu après KUNDT et KOHLRAUSCH aboutissaient à des résultats inverses, en opérant cependant de façon identique. Enfin, à la même époque, GAËRTNER obtenait, par une méthode différente, des nombres dix fois moindres en moyenne.

Diverses hypothèses étaient émises pour expliquer ces divergences; on invoquait tour à tour des effets de cataphorèse, des actions vaso-motrices, des actions sudorifiques. En réalité ces divergences étaient dûes au phénomène d'électrolyse et aux effets de polarisation.

PELTIER a constaté, le premier, que, lorsque des muscles de grenouille ont été parcourus par un courant, puis séparés de la source d'électricité, il s'y développe un courant de sens inverse au courant initial, DU BOIS-REYMOND [2] a montré un peu plus tard que la polarisation siège non seulement au niveau des électrodes, mais encore dans toute l'étendue des muscles traversés par le courant.

Dès lors, on s'est efforcé de mesurer la force contre-électromotrice de polarisation.

HERMANN a utilisé dans ce but la méthode d'opposition, mais il effectuait ses mesures trop longtemps après l'interruption du courant polarisant. Après lui, un certain nombre d'expérimentateurs, parmi lesquels WEISS [3], VIGOUROUX [4] et CHANOS [5], ont apporté leur contribution à ces déterminations de résistance ou de force contre-électromotrice de polarisation, sans parvenir à un résultat entièrement satisfaisant.

En 1916, dans ses recherches pour appliquer à l'homme les nouvelles méthodes d'électrodiagnostic, BOURGUIGNON [6] a été amené à entreprendre une étude comparée de la résistance électrique du corps pour les décharges de condensateur et le courant émis sous voltage constant. Sa conclusion est que la résistance opposée par le corps humain aux décharges de condensateur ne peut être connue qu'en utilisant les mêmes décharges, mais ses expériences reposent sur un principe très discutable.

GILDEMEISTER [7] et ses élèves, examinant les méthodes employées avant eux, ont formulé un certain nombre de critiques: D'après eux, lorsqu'on mesure successivement la résistance aux courants galvanique et faradique, après une très courte durée de passage, on n'est pas sûr que l'augmentation apparente de résistance des tissus puisse être entièrement dûe à l'apparition d'une force contre-électromotrice. Il est possible que le déplacement d'ions

constituant le courant continu puisse modifier la résistance vraie, indépendamment de toute polarisation.

De plus, l'ouverture du courant polarisant peut éveiller dans l'organisme des forces électromotrices qui n'existaient pas lors du passage du courant.

Il faut, selon GILDEMEISTER, mesurer en même temps la résistance aux courants galvanique et faradique pour pouvoir en déduire avec certitude la force contre-électromotrice de polarisation.

En 1921, PHILIPPSON [8] a étudié la conductibilité en haute fréquence de fragments d'organismes vivants, par la méthode des circuits équivalents. Il a été conduit aux très intéressantes conclusions suivantes :

1° D'une manière générale, les membranes cellulaires se conduisent, vis-à-vis du courant alternatif, comme des capacités;

2° La résistance de polarisation d'une membrane cellulaire est analogue à une impédance <sup>(1)</sup> de capacité. Le courant est décalé d'un quart de période en avant par rapport à la force électromotrice extérieure;

3° Les tissus peuvent être assimilés, au point de vue électrique, à une résistance mise en série avec un condensateur, ce dernier étant lui-même shunté par une autre résistance;

4° La première résistance serait la résistance spécifique du milieu cellulaire, la capacité serait formée par les membranes cellulaires constituées essentiellement de substances lipoïdes, qui sont un diélectrique plus ou moins parfait, séparant des milieux électrolytiques assez bon conducteurs.

Enfin, STROHL [9], étudiant les conditions physiques dans lesquelles s'effectue le passage du courant galvanique dans la matière vivante, a mis au point des procédés de mesure précis, lui permettant de déterminer les résistances et les polarisations dans des temps de l'ordre du centième de seconde. Il a pu évaluer la résistance apparente des tissus traversés par un courant très court aux diverses périodes de ce passage; il a établi que la force contre-électromotrice de polarisation était plus considérable qu'on ne l'avait trouvé jusqu'à lui, et il a montré quelle était l'influence de ces phénomènes dans la détermination de la chronaxie chez l'homme et sur la théorie de l'excitation électrique.

---

(1) Impédance de capacité ou réactance (voir plus loin la définition de l'impédance).

La multiplicité de ces recherches, dont nous n'avons rappelé qu'une faible partie, et la diversité de leur orientation, illustrent bien la complexité du problème de la conductibilité électrique de l'organisme vivant. Les difficultés proviennent de la rapidité avec laquelle certains effets, occasionnés par le courant, se manifestent dans les tissus vivants; mais elles sont dûes aussi en grande partie à l'insuffisance, au point de vue physique, des méthodes d'investigation, et à l'ignorance dans laquelle nous sommes encore en ce qui concerne la conductibilité en courant alternatif d'électrolytes simples.

Parmi tous ces travaux, il faut cependant retenir celui de VIGOUROUX qui a le mérite d'avoir envisagé la résistance électrique de l'organisme comme élément de diagnostic dans certaines maladies.

En 1878, dans une note à la Société de Biologie, cet auteur signalait pour la première fois que chez les hystériques, les régions affectées d'anesthésie ont une résistance plus grande. Pour déterminer celle-ci, il comparait les indications d'un galvanomètre pour une même force électromotrice et pour une même durée de passage du courant continu. Le sujet était mis en circuit au moyen d'électrodes circulaires en charbon recouvert de peau de chamois, de 4 à 6 centimètres de diamètre; la plus petite, positive, était placée sur le sternum au niveau du troisième cartilage costal, l'autre était placée entre les épaules, immédiatement au-dessous de l'apophyse de la septième cervicale.

Pour avoir la valeur de la résistance en unités pratiques, VIGOUROUX remplaçait dans le circuit le corps du sujet par un rhéostat à fiches et débouchait les résistances nécessaires pour donner au courant la même intensité; ou bien encore, il mesurait la force électromotrice utilisée et divisait celle-ci par l'intensité du courant ayant traversé l'organisme, ce qui est évidemment une application très contestable de la loi d'Ohm.

Malgré ces procédés de recherches assez rudimentaires et des résultats n'ayant qu'une valeur toute relative, VIGOUROUX avait vu que la résistance se montre extrêmement diminuée dans la maladie de BASEDOW. « Elle est alors le quart ou le cinquième et même moins de celle observée dans les mêmes conditions sur un individu sain. Et cette diminution existe au même degré dans les cas frustes. »

Il écrivait encore que « ce signe lui avait paru très utile dans beaucoup de circonstances, celle par exemple, où une femme

présente avec quelques troubles nerveux un certain gonflement thyroïdien, combinaison qui n'est pas rare et où le diagnostic est indispensable ».

Mal le signe de VIRZUPOLZ, bien que figurant dans tous les traités de pathologie, n'est jamais entré dans la pratique.

## II. — CAPACITÉ

La capacité électrique a été moins étudiée que la résistance, mais elle a fait l'objet de travaux importants dans ces dernières années. Comme pour la résistance, les premiers résultats ont été remarquables par leur divergence. DUBOIS attribuant au corps humain une capacité de 165 millièmes de microfarad; sa méthode, basée sur les courants de charge d'un condensateur, nécessitant la connaissance de la résistance ohmique du corps.

WERTHEIM-SALOMONSON, utilisant les phénomènes de résonance d'un système de conducteurs parcourus par des courants de haute fréquence, trouvait 0,195 millième de microfarad. BORDIER donnait comme chiffre moyen 2,5 millièmes de microfarad.

Mais il semble, comme l'a fait remarquer STROHL, que l'on ait compris, sous le nom de capacité, des phénomènes qui relèvent de la polarisation. Le terme impropre de capacité de polarisation employé par certains auteurs prouve bien qu'il a régné une certaine confusion à ce sujet.

En 1919, GILDEMEISTER [10] a montré que la résistance du corps était, en réalité, une impédance <sup>(1)</sup> et dépendait d'une réma-

---

(1) Nous rappelons la définition de l'impédance dans le cas d'un circuit de self négligeable contenant en série une résistance et une capacité. Soit  $r$  la résistance des conducteurs qui relient deux points A et B aux armatures du condensateur C. Entre A et B on maintient la tension sinusoidale  $u = E \sin \omega t$ . On se propose de déterminer l'intensité  $i$  du courant qui circule dans les conducteurs et qui donne lieu au courant de déplacement entre les armatures.

Écrivons qu'à l'instant  $t$ , auquel la charge du condensateur est  $q$ , la différence de potentiel  $u$  entre A et B est égale à la chute de potentiel  $r i$  le long des conducteurs augmentée de la chute de potentiel  $\frac{q}{C}$  entre les armatures.

tance pure ou résistance ohmique, et d'une capacité, cette dernière comprenant une capacité électrostatique indépendante de tout passage de courant, et une capacité de polarisation proprement dite, due au phénomène d'électrolyse.

Il a mesuré cette impédance en courant faradique par la méthode de KOHLRAUSCH, avec un pont de Wheatstone et un téléphone récepteur; et il a pu obtenir un minimum précis de sonorité au téléphone en intercalant une self ou un condensateur variable en un point convenable du circuit.

Le sujet était relié au pont par deux électrodes; l'une était un cylindre de verre de 8 centimètres carrés de section, rempli d'une solution de NaCl à 0,1 % et fermé avec une baudruche que l'on appliquait sur la peau; l'autre était une grande plaque de zinc, attachée autour du bras avec un morceau de toile trempée dans une solution de  $\text{SO}_4\text{Zn}$ . Le but de ce dispositif était probablement d'avoir une petite électrode de surface définie, commode pour explorer les différentes parties de la peau, pendant que la seconde électrode était maintenue fixe. Cette dernière était de dimensions suffisantes pour que l'impédance correspondante fut négligeable par rapport à celle de la petite électrode. De cette manière, GILDEMEISTER pouvait rapporter ses mesures de capacité à la petite électrode seule et indiquer ses résultats sous forme de capacité par unité de surface; il trouvait ainsi 10 à 30 millièmes de microfarad par centimètre carré d'électrode chez des individus en bonne santé.



$$\text{On a : } u = ri + \frac{q}{C}, \text{ avec } i = \frac{dq}{dt}$$

Cette équation permet de calculer  $i$  en fonction de  $t$ . On trouve qu'après un temps très court, correspondant à l'établissement du courant, l'expression de  $i$  est de la forme :

$$i = I_m \sin(\omega t - \varphi), \text{ avec } \tan \varphi = \frac{1}{C\omega r} \text{ et } I_m = \frac{Em}{\sqrt{r^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}}}$$

La résistance apparente, ou impédance  $Z$  du circuit, est donnée par la relation  $Z^2 = r^2 + \frac{1}{C^2\omega^2}$ .  $\omega$  est lié à la fréquence  $f$  du courant par l'égalité :  $\omega = 2\pi f$ .

Voir LEMOINE et BLANC : *Traité de Physique générale et expérimentale*, 3<sup>e</sup> volume : Electricité générale, chap. XXXIII et XXXIV.

Après lui, LUEG [11] a transporté dans le domaine pathologique la mesure de cette capacité, et trouvé que sa valeur est augmentée chez les sujets porteurs de goître exophtalmique, tandis qu'elle est diminuée dans le myxœdème.

Ces modifications sont en accord avec les remarques de CRILE sur le métabolisme iodé; d'après cet auteur : « S'il existe trop d'iode dans l'organisme, la conductivité, la capacité, le potentiel, l'activité chimique des différents organes et tissus du corps humain sont anormalement augmentés. »

Continuant les recherches entreprises par GILDEMEISTER, Michaël G. WHOL [12] (Philadelphie), a comparé en 1933, la capacité électrique et le métabolisme basal. Ses expériences ont été effectuées sur un groupe de trente-six malades suspectés d'être porteurs d'une affection thyroïdienne. De ses conclusions, il résulterait que la capacité est influencée par la glande thyroïde et qu'elle a une valeur telle qu'elle peut servir de mesure de l'état fonctionnel de celle-ci. Il affirme même qu'elle pourrait suppléer le métabolisme basal.

Comme GILDEMEISTER, WHOL se servait de deux électrodes : l'une fixe, l'autre mobile, qu'il appliquait en différents points de la peau : front, poitrine, avant-bras, cuisse, etc..., et la capacité du corps était la moyenne des diverses valeurs obtenues.

Cette méthode est compliquée, assez longue et sujette à certaines causes d'erreur, par exemple à de mauvais contacts entre la peau et les électrodes. De plus, elle repose, en fait sur l'hypothèse que le phénomène électrique intéressant se manifeste seulement au niveau de la peau et que les tissus conducteurs sous-jacents ont une impédance négligeable. Or, cette hypothèse n'a pas été vérifiée et il existe même quelques preuves contre elle, ainsi qu'on le verra plus loin.

\*  
\* \*

Dans une série de travaux récents, M<sup>me</sup> BRAZIER [13] (Londres) s'est efforcée de donner une technique plus précise et plus pratique que celle des auteurs allemand et américain.

Abandonnant la capacité, elle a introduit en clinique une caractéristique électrique du corps plus générale : l'Angle d'Impédance, lequel dépend à la fois de la résistance et de la capacité.

Après un grand nombre de mesures, effectuées avec la collaboration de GRANT, sur des sujets normaux, et sur des malades atteints de goîtres, sa conclusion est que le nouveau test constitue un élément important à utiliser pour le diagnostic des thyrotoxicoses, et qu'il présente une supériorité marquée sur le métabolisme basal.

Au cours de l'exposé de nos recherches personnelles sur l'Angle d'Impédance nous aurons fréquemment l'occasion de rappeler les résultats obtenus par M<sup>me</sup> BRAZIER.

---

## CHAPITRE II

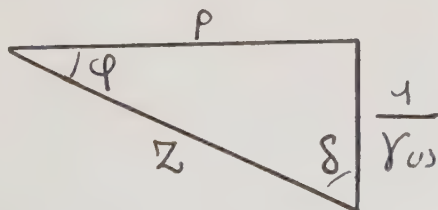
### L'ANGLE D'IMPÉDANCE ET SA MESURE

#### L'Angle d'Impédance

Le corps humain est un assemblage d'électrolytes divers, c'est-à-dire d'éléments décomposables par le courant électrique, et de substances plus ou moins isolantes. Malgré sa très grande complexité, il peut être considéré, en définitive, comme équivalent à l'association d'une résistance ohmique  $\rho$  et d'une capacité  $\gamma$ , lorsqu'il est parcouru par un courant alternatif de fréquence  $f$ .

Il est important de remarquer que cette capacité  $\gamma$  est constituée par la capacité propre du corps, ou capacité électrostatique ordinaire, et une capacité due au phénomène de polarisation.

Comme tout électrolyte, le corps humain oppose au passage du courant une impédance <sup>(1)</sup>  $Z$ , supérieure à la résistance ohmique, et qui dépend de  $f$ ,  $\rho$  et  $\gamma$ .



Nous savons que :

$$Z^2 = \rho^2 + \frac{1}{\gamma^2 \omega^2} \quad \omega = 2\pi f$$

Connaissant les quantités  $f$ ,  $\rho$  et  $\gamma$ , on peut retrouver  $Z$  immédiatement par la construction de FRESNEL (fig. 1). Le vecteur  $Z$  forme avec les vecteurs composants  $\rho$  et  $\frac{1}{\gamma\omega}$  deux angles bien connus des physiciens :  $\varphi$  angle du facteur de puissance et  $\delta$  angle de perte

(1) Voir page 15.

diélectrique. C'est l'angle  $\delta$  qui a été pris comme indicateur du fonctionnement thyroïdien et appelé : Angle d'Impédance (A.I.), afin de se conformer à l'usage établi par M<sup>me</sup> BRAZIER.

Mais, pour des raisons de commodité, les résultats obtenus peuvent être exprimés par la valeur correspondante de l'angle  $\varphi$ ,

puisque  $\varphi + \delta = \frac{\pi}{2}$ , ou encore par la tangente de  $\varphi$ , cet angle

étant toujours petit. Ceci a d'ailleurs peu d'importance, car ce sont les variations de l'A.I. ou ses écarts par rapport à une valeur moyenne qui sont intéressants en clinique.

### Appareil de mesure

L'impédance d'un électrolyte se mesure habituellement avec un pont de KOHLRAUSCH [14], c'est-à-dire un pont de Wheatstone constitué par la résistance électrolytique inconnue, trois résistances sans self-induction, une capacité variable et un téléphone à la place du galvanomètre.

Nous avons construit un pont basé sur ce principe, et dont les caractéristiques sont les suivantes (fig. 2) :

Le pont principal MNPQ comprend une résistance fixe de 300 ohms, une résistance variable R de 700 ohms, une résistance fixe  $r_2$  de 300 ohms, avec, en parallèle, un condensateur variable à air de 2 millièmes de microfarad, et enfin le sujet examiné. Les résistances sont constituées par des fils fins rectilignes; elles ont une self-induction et une capacité absolument négligeables, ce qui est essentiel pour la précision des mesures.

La source de courant est un oscillateur à lampes étalonné fournissant un courant sinusoïdal de fréquence variable. Le détecteur est un écouteur téléphonique monté avec une lampe détectrice à réaction, et fonctionnant par battement. On pourrait penser à redresser le courant au moyen d'une valve et à faire la mesure au galvanomètre, mais la sensibilité de cette méthode est bien moindre. Les deux extrémités de la diagonale contenant le téléphone sont mises au potentiel du sol, au moyen de deux résistances auxiliaires, dont le milieu est la terre, et qui forment avec les deux résistances  $r_1$  et R du pont principal un second pont appelé « pont de terre ».

Ce dispositif, dû à WAGNER [15], élimine presque complètement l'effet des pertes par capacité par rapport au sol.

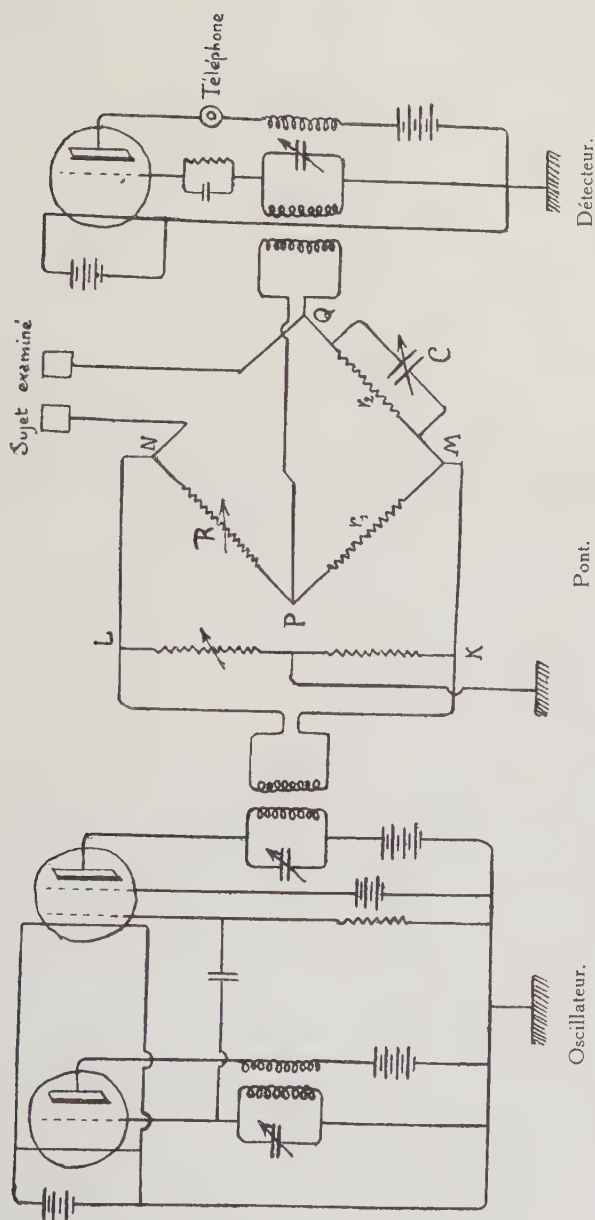


FIG. 2. — Schéma de principe de l'appareil.

Les diverses parties de l'appareil sont soigneusement isolées les unes des autres par des écrans; elles sont contenues dans une caisse métallique formant blindage et mise à la terre.

Après avoir intercalé le sujet dans la branche NQ, on règle le pont agissant successivement sur la résistance variable R et sur la capacité variable C. Lorsque l'équilibre est atteint, on obtient le silence au téléphone.

Il suffit alors de lire la valeur de la capacité d'équilibre C pour pouvoir connaître  $\operatorname{tg} \varphi$  et l'Angle d'Impédance. On a en effet  $\operatorname{tg} \varphi = 2\pi fr_2 C$ ,

$2\pi fr_2$  étant une constante.

### Calcul de $\operatorname{tg} \varphi$

La plupart des auteurs admettent actuellement avec LAPICQUE que le corps humain est équivalent à une résistance  $\rho_1$  en série avec une capacité  $\gamma$  shuntée par une seconde résistance  $\rho_2$  (fig. 3).  $\rho_1$

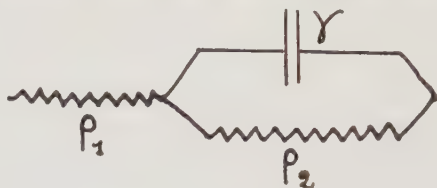


FIG. 3.

représente la résistance des tissus, tandis que  $\rho_2$  et  $\gamma$  représentent la résistance et la capacité de l'épiderme.

Remarquons d'ailleurs que, malgré de nombreux essais, on n'est pas parvenu à obtenir un montage reproduisant d'une façon satisfaisante les caractères généraux du corps humain traversé par un courant.

Pour faciliter les calculs, nous allons réduire encore le modèle de LAPICQUE et considérer le corps humain comme équivalent à une résistance  $\rho$  et une capacité  $\gamma$  disposées soit en parallèle, soit en série <sup>(1)</sup>.

1° Le sujet est équivalent à une résistance  $\rho$  en série avec une capacité  $\gamma$ .

(1) Cette simplification est d'ailleurs justifiée, au point de vue physique, par le fait que le phénomène observé est tout à fait indépendant du schéma par lequel on peut représenter le corps humain. Il y a toujours décalage du courant en avant de la tension, et il est possible de trouver une infinité de combinaisons de résistances et de capacités conduisant au même résultat.

Le schéma du pont est alors celui de la figure 4 :  $Z$  et  $Z'$  étant les impédances des branches NQ et MQ, la condition d'équilibre du tout est :

$$\frac{R}{r_1} = \frac{Z}{Z'}, \text{ d'où } Z = Z' \frac{R}{r_1} \quad (1)$$

On a :

$$Z = \rho \frac{i}{\gamma \omega}, \quad i^2 = -1, \quad \omega = 2\pi f$$

$$\frac{1}{Z'} = \frac{1}{r_2} + iC\omega, \quad Z' = \frac{r_2}{1 + r_2^2 C^2 \omega^2} - i \frac{r_2^2 C \omega}{1 + r_2^2 C^2 \omega^2}$$

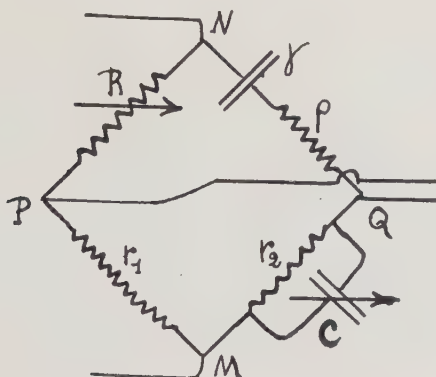


FIG. 4.

En remplaçant  $Z$  et  $Z'$  par leurs valeurs dans (1), on peut écrire :

$$\rho \frac{i}{\gamma \omega} = \frac{R r_2}{(1 + r_2^2 C^2 \omega^2) r_1} - i \frac{r_2^2 C \omega R}{(1 + r_2^2 C^2 \omega^2) r_1}$$

En identifiant et remarquant que  $r_1 = r_2$ , par construction il vient :

$$\rho = \frac{R}{1 + r_2^2 C^2 \omega^2} \quad \gamma = \frac{1 + r_2^2 C^2 \omega^2}{r_2 C \omega^2 R}$$

$$Z^2 = \frac{R^2}{1 + r_2^2 C^2 \omega^2}$$

$$\text{et } \tan \varphi = \frac{1}{\rho \gamma \omega} = -r_2 C \omega = |2\pi f r_2 C|.$$

2° Le sujet est équivalent à une résistance ohmique  $\rho$  en parallèle avec une capacité  $\gamma$ , ce qui est le cas le plus vraisemblable.

Le pont est alors représenté par la figure 5.  $Z$  et  $Z'$  étant les impédances des branches NQ et MQ, la condition d'équilibre du pont est encore :

$$\frac{R}{r_1} = \frac{Z}{Z'}, \text{ d'où } Z = Z' \frac{R}{r_1} \quad (2)$$

On a :  $\frac{1}{Z} = \frac{1}{\rho} + i\gamma\omega$ ,  $i^2 = -1$ ,  $\omega = 2\pi f$ .

$$\frac{1}{Z'} = \frac{1}{r_2} + iC\omega$$

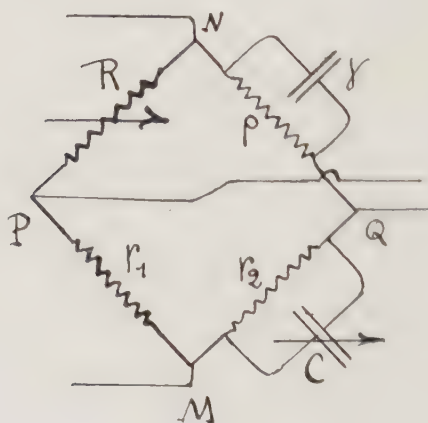


FIG. 5.

En remplaçant dans (2)  $Z$  et  $Z'$  par leurs valeurs, on peut écrire :

$$\frac{r_1}{r_2} + ir_1C\omega = \frac{R}{\rho} + iR\gamma\omega.$$

En identifiant et remarquant que  $r_1 = r_2$ , il vient :

$$\rho = R, \quad \gamma = C \frac{r_1}{R}, \quad Z^2 = \frac{R^2}{1 + r_2^2 C^2 \omega^2},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = -\rho\gamma\omega = -r_2C\omega = |2\pi f r_2 C|.$$

Dans les deux cas considérés, la valeur de  $\operatorname{tg} \varphi$  est donnée par la même expression.

Connaissant  $f$ ,  $r_2$  et les limites entre lesquelles varie  $C$ , il est facile d'établir une table renfermant toutes les valeurs utiles de  $\operatorname{tg} \varphi$ .

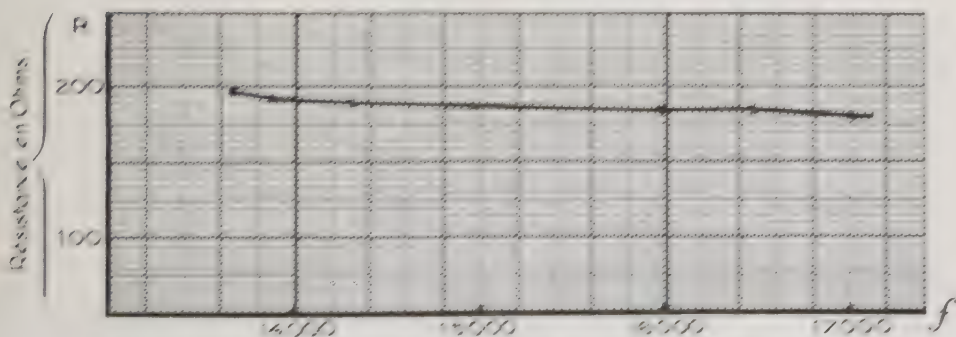
## CHAPITRE III

### CONDITIONS DE MESURE DE L'A.I. SA SIGNIFICATION PHYSIOLOGIQUE ET SA VALEUR CHEZ LES SUJETS NORMAUX

Le sujet soumis au test est assis, chaque bras est immergé dans un bain contenant une solution de NaCl. Le courant est amené dans les bains par des électrodes de platine, il est d'intensité



a. Variation de  $\text{tg } \varphi$  avec la fréquence



b. Variation de  $R$  avec la fréquence

FIG. 6. -- Influence de la fréquence  $f$  sur  $R$  et  $\text{tg } \varphi$   
Température des bains:  $27^\circ$  - (concentration en NaCl): 1 %

suffisamment basse, 2 à 3 milliamperes, pour être imperçable. On mesure ainsi l'impédance du système : électrode, solution de NaCl, bras, corps, bras, solution de NaCl, électrode.

Nous avons procédé à une série d'expériences pour déterminer l'influence de la fréquence, du degré d'immersion des bras, de la température, et de la concentration des bains, etc...

### 1° Influence de la fréquence

Lorsque la fréquence croît de 13.000 et 17.000,  $\text{tg} \varphi$  et la résistance ohmique  $R$  décroissent lentement. Le tableau 1 et les courbes *a* et *b* de la fig. 6 résument nos résultats.

| TABLEAU I                                                   |     |                     |
|-------------------------------------------------------------|-----|---------------------|
| Variations de $R$ et $\text{tg} \varphi$ avec la fréquence  |     |                     |
| (Température des bains : 27° - Concentration en NaCl : 1 %) |     |                     |
| FRÉQUENCE                                                   | $R$ | $\text{tg} \varphi$ |
| 13.650                                                      | 194 | 0,205               |
| 13.866                                                      | 193 | 0,201               |
| 14.298                                                      | 190 | 0,195               |
| 14.955                                                      | 187 | 0,190               |
| 15.974                                                      | 184 | 0,181               |
| 16.443                                                      | 184 | 0,170               |
| 17.026                                                      | 182 | 0,169               |

M<sup>me</sup> BRAZIER a pu étudier l'influence de la fréquence dans des limites beaucoup plus larges. Elle a trouvé que  $\text{tg} \varphi$  décroissait très rapidement pour les fréquences comprises entre 500 et 5.000, puis restait à peu près constant entre 5.000 et 50.000. Cherchant de plus à préciser le rôle joué par les électrodes de plomb, elle a constaté que les mesures sont pratiquement indépendantes des phénomènes se produisant aux électrodes, lorsque la fréquence dépasse 5.000. On peut voir sur la courbe de la figure 7 que l'impédance propre des électrodes et ses variations sont négligeables pour des fréquences comprises entre 10.000 et 20.000.

En fait, lorsque l'on effectue les mesures à une fréquence donnée, 15.000 par exemple, les erreurs qui pourraient provenir de petites variations de la fréquence sont absolument négligeables.

### 2° Influence de la température des bains

Il ne se produit aucun changement notable dans les lectures du pont entre 5° et 40°, fig. 8. Par conséquent, en opérant à une

température d'environ  $25^{\circ}$ , agréable pour le sujet, aucune cause d'erreur n'est à craindre.

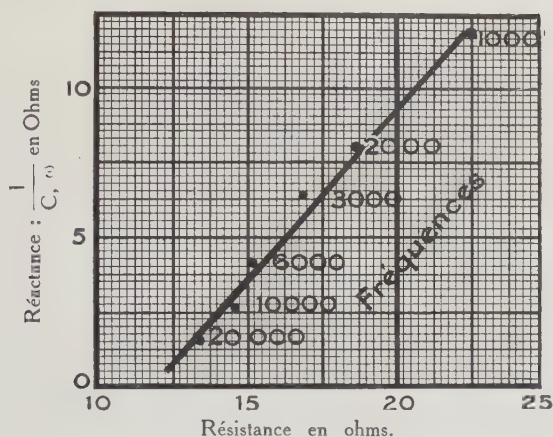


FIG. 7. — Vecteur impédance des électrodes de plomb placées à distance fixe dans la solution saline.  
 $C_1$  : capacité propre des électrodes. (D'après M<sup>me</sup> BRAZIER.)

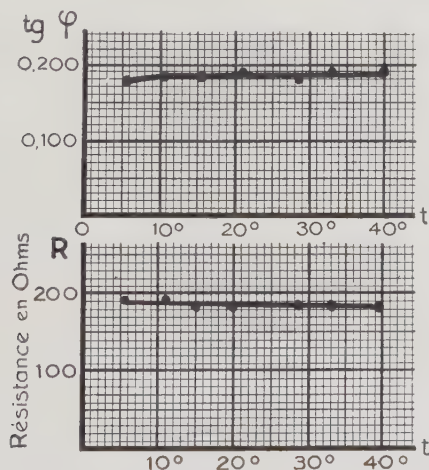


FIG. 8. — Influence de la température des bains sur  $tg \varphi$  et  $R$   
 $f = 15.000$  - Concentration en  $NaCl$  : 1 %.

### 3° Influence de la concentration des bains

L'effet de la concentration des bains en  $NaCl$  est indiqué dans la figure 9. Il est curieux de constater que la courbe s'aplatit

lorsque la concentration de la solution atteint celle du sang, c'est-à-dire 0,9 % environ. Pendant toutes nos mesures, nous avons utilisé une concentration de 1 %.

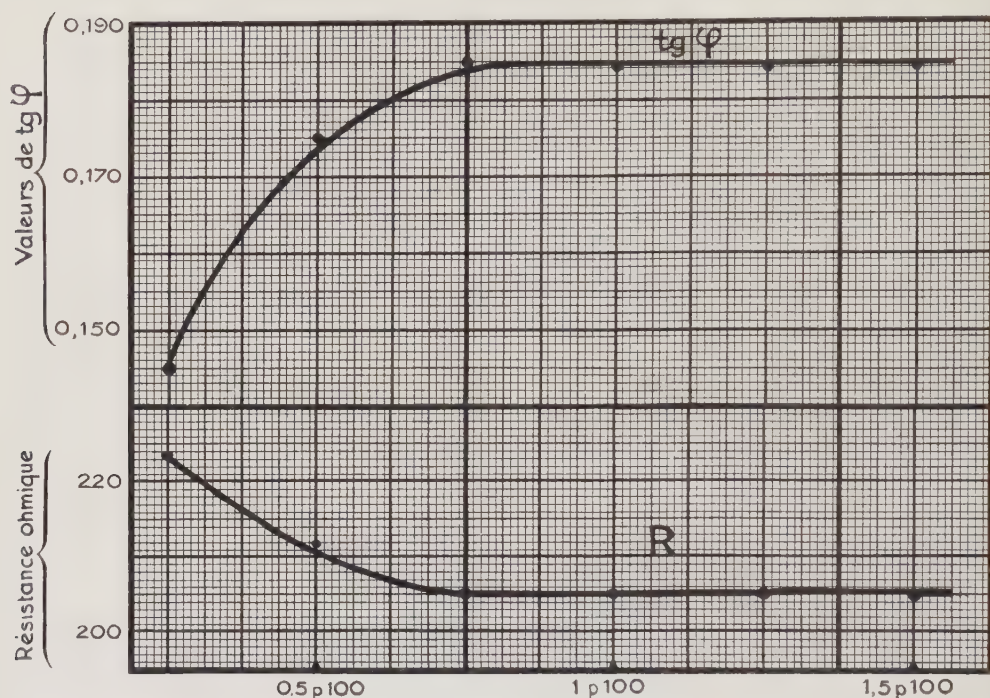


FIG. 9. — Effet de la variation de la concentration des bains de bras sur R et  $\text{tg } \varphi$ .  
 $j = 15.000$  - Température des bains:  $21^{\circ}5$ .

#### 4° Influence du degré d'immersion des bras.

Un point important était de savoir si de petites variations du volume d'immersion des bras n'entraînaient pas des différences importantes dans les lectures. Les courbes de la figure 10 résument nos résultats. On constate que R décroît rapidement quand le volume d'immersion augmente, et devient sensiblement parallèle à l'axe des abscisses lorsque l'immersion atteint 1.800 cc. pour chaque bras. Quant à la valeur de  $\text{tg } \varphi$ , elle est sensiblement constante lorsque l'immersion dépasse 800 cc.

Nous avons aussi constaté que l'intensité du courant traversant

le sujet ne produisait aucun changement dans les lectures du pont, depuis la valeur la plus faible, donnant un équilibre sensible, jusqu'à la plus forte, devenant perceptible.

Les dimensions des électrodes n'ont également qu'une influence minime sur la valeur de  $\text{tg } \varphi$ , ainsi que nous l'avons vérifié en effectuant des mesures sur les mêmes sujets avec diverses électrodes de superficie variant dans le rapport de 1 à 4.

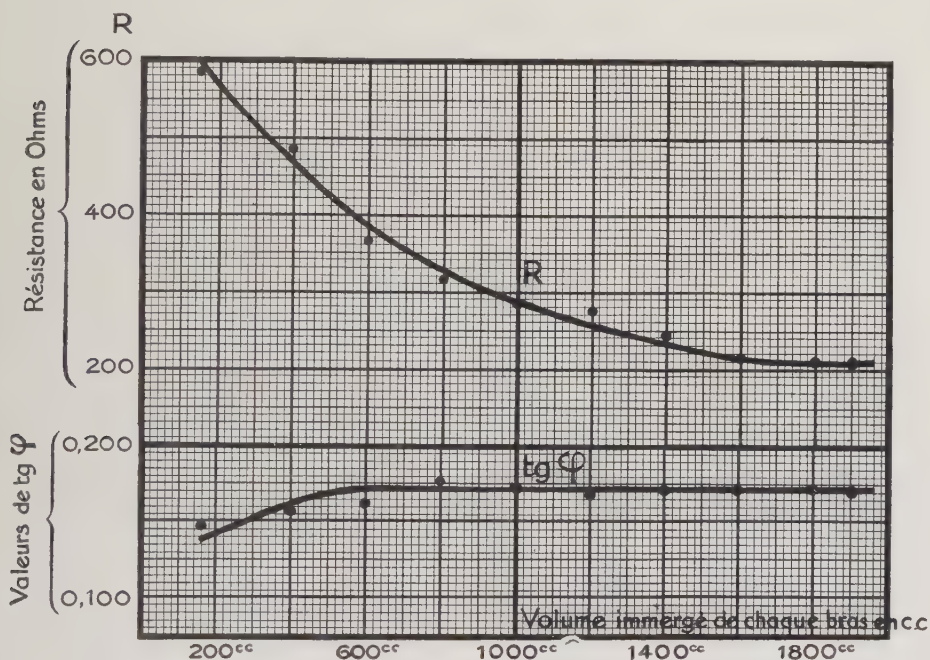


FIG. 10. — Influence du volume d'immersion des bras sur les valeurs de R et  $\text{tg } \varphi$ .  
 $f = 15.000$  - Température des bains:  $22^\circ$  - Concentration en NaCl: 1 %.

A la suite de cette série d'expériences, nous avons adopté pour toutes nos déterminations des électrodes de plomb de 5 cm.  $\times$  7 cm. 5, une fréquence de 15.000, une concentration de 1 % pour la solution de NaCl et une immersion des bras allant jusqu'à 2 cm. environ au-dessus du coude, ce qui correspond à un volume approximatif de 1.800 cc. pour les individus adultes.

Dans ces conditions, l'état d'émotion, les périodes de menstruation ou de digestion, les contractions musculaires, les petits

mouvements du sujet, de légères différences dans le degré d'immersion, ne causent pratiquement aucune variation des résultats.

Une préparation du sujet par repos ou jeûne n'est pas nécessaire et le test est obtenu en quelques minutes.

Une simple lecture donne la valeur de la capacité d'équilibre  $C$  et permet, en se reportant à la table, de connaître immédiatement l'Angle d'Impédance.

La mesure peut être répétée plusieurs fois de suite sans qu'il en résulte aucun ennui ni fatigue pour le sujet.

### Signification physiologique de la mesure de l'A.I.

Nous nous sommes demandé si la mesure de l'A.I. ne permettait pas d'expliquer le mécanisme de la conductibilité des tissus vivants. Comme nous l'avons déjà vu, aucun montage électrique simple ne possède les caractéristiques du corps humain. Il reste donc, selon M<sup>me</sup> BRAZIER, deux hypothèses à envisager :

a) La peau agit comme un condensateur parfait, les deux bras étant court-circuités par suite de la grande conductibilité des tissus sous-jacents;

b) Le phénomène réside essentiellement dans les tissus sous-jacents et les fluides organiques, l'épiderme contribuant seulement pour une fraction négligeable à l'impédance totale.

L'examen des faits observés rend la première hypothèse peu probable. M<sup>me</sup> BRAZIER fit une mesure d'A.I. de la manière habituelle; elle recommença ensuite après avoir enfoncé une aiguille métallique sous la peau d'un bras, puis des deux bras, dans la solution saline.

Les résultats furent les suivants :

Mesure normale . . . .  $R = 295$ ,  $tg \varphi = 0,151$

Un bras percé . . . . .  $R = 301$ ,  $tg \varphi = 0,146$

Les deux bras percés.  $R = 299$ ,  $tg \varphi = 0,142$

La suppression de la peau ne produit donc qu'une très petite variation de l'A.I. et un changement négligeable de la résistance  $R$ .

Si l'impédance avait son siège au niveau de la peau plutôt que dans les tissus, le fait de percer la surface cutanée devrait produire des modifications plus importantes. Cependant cette expérience ne nous paraît pas très concluante, le contact pouvant être mauvais entre l'aiguille et les muscles situés sous la peau.

Un autre fait, cité par M<sup>me</sup> BRAZIER, est à retenir contre la première hypothèse. Si la peau agit comme un condensateur, les tissus sous-jacents court-circuitant simplement les bras, on peut s'attendre à ce que l'impédance soit inversement proportionnelle à la surface de la peau immergée; or, une augmentation considérable de cette surface ne produit aucun changement de la résistance lorsque l'immersion a commencé par les coudes.

Remarquons que si l'immersion débute par les mains, il y a un abaissement progressif de la résistance. Ceci est dû à ce que la longueur du circuit de bras à bras diminue. Quand l'immersion commence par les coudes, le résultat n'est pas affecté, malgré l'augmentation de la surface immergée, parce qu'il n'y a aucune variation de longueur du circuit.

La première hypothèse est donc à rejeter, mais la seconde ne nous satisfait pas complètement non plus. L'épiderme est traversé par la multitude des tubes glandulaires sudoripares, contenant, même à l'état ordinaire, de la sueur qui est conductrice; il se comporte comme un diélectrique de mauvaise qualité, percé de trous, et qui laisse passer le courant à la fois par capacité et par résistance. Néanmoins les tissus sont le siège principal de la résistance ohmique.

L'expérience suivante nous paraît venir à l'appui de cette conception. Nous avons fait une mesure de la manière habituelle, puis une autre après avoir enduit les bras du sujet d'une couche de vaseline. Les résultats ont été les suivants :

|                             |           | CAPACITÉ                     |
|-----------------------------|-----------|------------------------------|
|                             |           | (en millièmes de microfarad) |
| Bras recouverts de vaseline | $R = 239$ | $C = 9,95$                   |
| Mesure normale . . . . .    | $R = 226$ | $C = 6,84$                   |

En recouvrant la peau de vaseline, on a fait disparaître les trous du diélectrique, d'où augmentation de sa surface et par suite de la capacité. De plus, on a supprimé toutes les dérivations conductrices que sont les tubes glandulaires, ce qui expliquerait la légère augmentation de  $R$ .

Nous nous sommes demandé aussi à quoi pouvaient être attribuées les variations de la capacité  $C$  observées entre les différents individus, normaux ou malades.

Or, nous avons vu que, d'après PHILIPPSON, les tissus peuvent être assimilés, au point de vue électrique, à une résistance mise en série avec un condensateur, ce dernier étant lui-même shunté par une

autre résistance. La première résistance serait la résistance spécifique du milieu cellulaire, la capacité serait formée par les membranes cellulaires constituées essentiellement de substances lipoides qui sont un diélectrique plus ou moins parfait, séparant des milieux électrolytiques assez bons conducteurs.

D'autre part, une étude récente a montré que, pour une fréquence donnée, la capacité d'électrolytes simples (solutions de NaCl, KCl, etc.) augmentait avec la concentration et variait avec la nature de l'électrolyte.

En confrontant ces deux ordres de faits, il nous paraît assez logique d'admettre que les variations de  $C$ , et par suite de  $tg\varphi$ , traduisent les modifications de composition du milieu cellulaire.

D'ailleurs, ces modifications doivent influencer non seulement sur la capacité électrostatique du corps, mais encore sur la capacité due à la polarisation, phénomène inévitable quelle que soit la fréquence, et qui siège au sein des tissus aussi bien qu'au niveau de la peau.

### Variations de l'A.I. chez les sujets normaux

Les mesures effectuées en série, à plusieurs reprises, sur une dizaine de sujets normaux, montrent que la valeur de  $tg\varphi$  reste pratiquement constante d'un jour à l'autre. Par exemple, dix-huit mesures faites au hasard, en cinq mois, sur une femme, nous ont donné comme moyenne :  $tg\varphi = 0,1158$  à  $\pm 0,0040$  près.

Dans un groupe de sujets normaux, il n'y a qu'un écart faible entre les diverses valeurs de  $tg\varphi$  et la valeur moyenne pour le groupe. Pour vingt-cinq femmes, nous avons obtenu comme moyenne :  $tg\varphi = 0,1144$ , avec un écart de  $\pm 0,010$  et pour trente-deux hommes :  $tg\varphi = 0,1555$ , à  $\pm 0,014$  près <sup>(1)</sup>. Lorsqu'un grand nombre de sujets normaux auront été examinés, ces moyennes seront évidemment susceptibles d'être révisées.

On remarquera que la moyenne de  $tg\varphi$  est plus basse pour les femmes que pour les hommes.

Pour chaque sexe, la moyenne normale est prise arbitrairement pour zéro. A une diminution de  $tg\varphi$ , il correspond une augmentation de  $\delta$ , puisque  $\delta$  et  $\varphi$  sont complémentaires, et l'Angle d'Impé-

---

(1) Ces nombres sont plus exacts que ceux publiés précédemment dans le *Bull. et Mém. Soc. Méd. Hôp. de Paris*, n° 4, 1935.

dance proprement dit d'un sujet est la différence, changée de signe, entre sa valeur de  $\text{tg } \varphi$  et la moyenne normale.

Par exemple, soit  $\text{tg } \varphi = 0,1008$  pour une femme, la différence avec la moyenne normale est :  $-0,015$ ; pour avoir l'Angle d'Impédance, on multiplie par 1.000 et on change le signe, ce qui donne :  $\text{A.I.} = +15$ .

Nous nous conformons ici à l'usage établi par M<sup>me</sup> BRAZIER. D'ailleurs, malgré sa complication apparente, cette manière d'exprimer les résultats est très commode pour l'usage clinique.

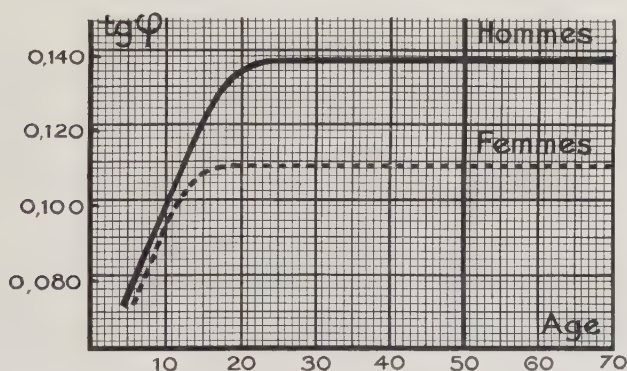


FIG. 11. — Variation de  $\text{tg } \varphi$  avec l'âge, d'après M<sup>me</sup> BRAZIER.

L'A.I. varie avec l'âge. Les enfants ont tous une valeur de  $\text{tg } \varphi$  basse, qui va en augmentant. De plus, la différence au point de vue sexe n'existe pas entre eux et ne se manifeste guère avant l'âge de quatorze ans.

La courbe de la figure 11 montre la relation entre les valeurs de  $\text{tg } \varphi$  et l'âge.

Le fait pour les enfants d'avoir un  $\text{tg } \varphi$  bas, c'est-à-dire un A.I. élevé, est intéressant à rapprocher des observations de COOPER [16]. Cet auteur, étudiant la structure histologique de la thyroïde humaine aux différentes périodes de la vie, constata qu'il y avait ressemblance, au point de vue histologique, entre la glande de l'adolescent et celle observée dans les hyperthyroïdies. Or, les valeurs élevées de l'A.I. sont associées à des hyperthyroïdies, comme on le verra plus loin.

Il est intéressant de noter que le métabolisme basal des enfants

est également élevé et décroît avec l'âge (BOOTHBY et SANDIFORD [17]). Après une étude détaillée sur un groupe de quarante et un enfants de six à quatorze ans, la conclusion de M<sup>me</sup> BRAZIER [18] est que la variation de l'A.I. avec l'âge est due à une modification physiologique accompagnant la croissance; elle ne peut pas être attribuée à un facteur superficiel tel que l'augmentation de la taille du bras immergé ou de l'épaisseur du corps traversé par le courant.

---

## CHAPITRE IV

### VALEUR DE L'ANGLE D'IMPEDANCE DANS LES HYPERTHYROIDIES, LES GOITRES SIMPLES ET LE MYXŒDEME. SA COMPARAISON AVEC LE METABOLISME BASAL

Cinquante-trois sujets atteints de syndrome de Basedow, de goitre simple ou de myxœdème ont été soumis au test de l'A.I. après étude clinique et détermination du M.B. le plus souvent.

Les tableaux II, III, IV résument nos résultats.

Leur examen met en relief les points suivants :

1° Chez les malades atteints de syndrome de Basedow, primitif ou secondaire, les valeurs de l'A.I. sont augmentées et s'écartent notablement de la normale; ces valeurs dépassent presque toujours l'écart observé dans un groupe de sujets normaux. Pour les trente malades femmes que nous avons examinées, la valeur moyenne de l'A.I. est + 30, alors que l'écart normal est + 10. On trouve en général que plus la maladie est grave, plus la valeur de l'A.I. est élevée.

2° L'Angle d'Impédance est plus élevé dans les cas d'hyperthyroïdie que dans les goîtres simples, où sa valeur est normale, voire même diminuée. Pour les vingt cas de goitre simple que nous avons examinés, la moyenne de l'A.I. est : — 4,5. L'A.I. peut donc permettre de déceler les premiers symptômes de goitre toxique.

3° Dans les deux cas de myxœdème observés, nous avons trouvé une valeur très abaissée de l'A.I.

#### **Que vaut la mesure de l'A.I. par rapport au M.B. ?**

La valeur de l'A.I. est presque toujours déviée dans le même sens que celle du M.B., quand il s'agit d'affections thyroïdiennes.

En l'absence d'un facteur thyroïdien, les deux tests ont une indépendance plus grande vis-à-vis l'un de l'autre, ce qui ne doit

**TABLEAU II**  
**Hyperthyroïdies**

| NUMÉRO DES<br>OBSERVATIONS | DIAGNOSTIC          | ANGLE<br>D'IMPÉDANCE | MÉTABOLISME<br>BASAL<br>% |
|----------------------------|---------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                          | Basedow.            | + 21                 | + 46                      |
| 2                          | Goître basedowifié. | + 13                 |                           |
| 3                          | Basedow.            | + 22                 | + 54                      |
| 4                          | Basedow.            | + 42                 | + 21                      |
| 5                          | Basedow.            | + 29                 | + 28                      |
| 6                          | Basedow.            | + 44                 | + 60                      |
| 7                          | Goître basedowifié. | + 30                 |                           |
| 8                          | Goître basedowifié. | + 38,5               | + 38                      |
| 9                          | Goître basedowifié. | + 42                 | + 36                      |
| 10                         | Goître basedowifié. | + 20                 | + 17,5                    |
| 11                         | Goître basedowifié. | + 23                 |                           |
| 12                         | Goître basedowifié. | + 32                 | + 78                      |
| 13                         | Goître basedowifié. | + 14                 | + 15,5                    |
| 14                         | Goître basedowifié. | + 20                 |                           |
| 15                         | Goître basedowifié. | + 49                 | + 37                      |
| 16                         | Goître basedowifié. | + 28                 | + 65                      |
| 17                         | Goître basedowifié. | + 55                 |                           |
| 18                         | Goître basedowifié. | + 31                 |                           |
| 19                         | Goître basedowifié. | + 39                 |                           |
| 20                         | Goître basedowifié. | + 27                 |                           |
| 21                         | Goître basedowifié. | + 34                 |                           |
| 22                         | Basedow.            | + 34                 | + 18                      |
| 23                         | Basedow.            | + 22                 | + 42                      |
| 24                         | Basedow.            | + 27                 | + 12                      |
| 25                         | Goître basedowifié. | + 14                 |                           |
| 26                         | Goître basedowifié. | + 38                 |                           |
| 27                         | Goître basedowifié. | + 44                 |                           |
| 28                         | Goître basedowifié. | + 27                 |                           |
| 29                         | Goître basedowifié. | + 25                 |                           |
| 30                         | Basedow.            | + 18                 | + 14                      |
| 31                         | Basedow.            | + 37                 | + 38                      |

TABLEAU III

Goîtres simples

| NUMÉRO DES<br>OBSERVATIONS | DIAGNOSTIC              | ANGLE<br>D'IMPÉDANCE | MÉTABOLISME<br>BASAL<br>% |
|----------------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| 32                         | Goitre simple.          | — 20                 | — 15                      |
| 33                         | Goitre simple.          | — 9                  | — 6                       |
| 34                         | Goitre simple.          | — 10                 |                           |
| 35                         | Goitre simple.          | — 13                 |                           |
| 36                         | Goitre simple.          | — 3                  | + 11                      |
| 37                         | Goitre simple colloïde. | — 14                 | — 24                      |
| 38                         | Goitre simple.          | + 8                  |                           |
| 39                         | Goitre simple.          | + 9                  |                           |
| 40                         | Goitre simple.          | + 8                  | — 5                       |
| 41                         | Goitre simple.          | + 2,5                |                           |
| 42                         | Goitre simple.          | — 2                  | — 13                      |
| 43                         | Goitre simple.          | — 14                 |                           |
| 44                         | Goitre simple.          | — 4                  | + 9                       |
| 45                         | Goitre simple.          | — 3                  | + 4                       |
| 46                         | Goitre simple scléreux. | — 8                  | — 13                      |
| 47                         | Goitre simple.          | — 1                  |                           |
| 48                         | Goitre simple.          | — 1                  |                           |
| 49                         | Goitre simple.          | + 5                  |                           |
| 50                         | Goitre simple.          | — 28                 | — 27                      |
| 51                         | Goitre simple.          | + 3                  |                           |

TABLEAU IV

Myxœdème

| NUMÉRO DES<br>OBSERVATIONS | DIAGNOSTIC | ANGLE<br>D'IMPÉDANCE | MÉTABOLISME<br>BASAL<br>% |
|----------------------------|------------|----------------------|---------------------------|
| 52                         | Myxœdème.  | — 31                 |                           |
| 53                         | Myxœdème.  | — 43                 | — 28                      |

pas surprendre, car ils dépendent certainement de processus physiologiques différents. Cependant, dans tous les cas où le M.B. est augmenté par thyroétoxicose, alimentation thyroïdienne ou injection de thyroxine, l'A.I. subit également une augmentation.

En comparant les deux tests, M<sup>me</sup> BRAZIER a trouvé que, sur 84 cas de thyroétoxicoses, 69 d'entre eux, soit 82 %, donnaient un A.I. au-dessus des limites normales, tandis que sur une série de 46 cas semblables, 29 cas, soit 63 % seulement, avaient un M.B. supérieur à la normale.

M<sup>me</sup> BRAZIER en a déduit avec raison que l'A.I. constituait un moyen plus sûr que le M.B. pour déceler l'hyperthyroïdie.

Sa conclusion a été contestée par ROBERTSON et WILSON [19]. Ces deux auteurs reprochent au nouveau test :

1° de ne pas être influencé par la médication iodée, alors qu'il y a amélioration clinique avec chute du pouls et du M.B.;

2° de ne pas être modifié après thyroïdectomie, bien qu'il y ait également diminution du M.B. et amélioration de l'état du malade.

Ils accusent encore l'A.I. d'avoir été normal dans deux cas indiscutables de myxœdème.

Ces objections ne nous paraissent pas parfaitement établies, car nous avons constaté, dans un cas de maladie de Basedow, le seul que nous ayons suivi à ce point de vue, que sous l'influence de la thérapeutique iodée (40 gouttes par jour de la solution faible de Lugol), l'A.I. passait de + 37 à + 28 en onze jours (Obs. 31). De plus, nous avons trouvé un abaissement important de l'A.I. après thyroïdectomie pour syndrome Basedowien, dans un délai assez long il est vrai, toutes les fois qu'il y avait guérison au point de vue clinique. Mais nous n'avons pu observer que quelques malades seulement.

Enfin, dans deux cas de myxœdème également indiscutables, nous avons obtenu des valeurs de l'A.I. : — 31 et — 43 qui sont très abaissées.

L'A.I. est un test encore à l'étude, et il reste à élucider un certain nombre de difficultés, tant au point de vue électrophysique qu'au point de vue clinique.

Nos résultats confirment ceux de M<sup>me</sup> BRAZIER. L'A.I. est un test d'une application rapide et facile, et sa recherche est exposée à moins de contingences que le M.B.

## OBSERVATIONS

---

Il serait sans intérêt, du point de vue qui nous occupe, de rapporter en détail les observations relatives aux tableaux II, III et IV. Il s'agit en effet de cas banaux, présentant l'ensemble clinique correspondant à leurs diagnostics respectifs; on en pourra juger par les très brefs résumés ci-dessous.

### OBSERVATION N° 4

*Mme S...*, 53 ans.

Début des troubles en octobre 1933 : amaigrissement, fatigue, augmentation de volume du cou, tremblement des extrémités, nervosité.

Des traitements successifs par l'hématoéthyoïdine, la solution de Lugol, la radiothérapie ne donnent qu'une amélioration passagère.

Entre à l'Hôtel-Dieu le 30 juillet 1934.

Amaigrissement de 20 kilos depuis octobre 1933; température à 37-38°. Goitre très volumineux à droite, de consistance ferme, régulière, rénitente. Exophtalmie bilatérale, regard fixe et brillant. Cœur rapide; tachycardie sinusale à l'électrocardiogramme. T.A. 18-6, pouls à 136.

Emotivité, bouffées de chaleur, R.O.C.: — 10.

Appétit conservé, mais diarrhée légère.

Bien réglée jusqu'en 1932, ménopause depuis cette époque.

Glycémie : 1 gr. 15.

Rien dans les antécédents.

Traitée par la diiodotyrosine et le bromure, sans résultat.

On décide de faire une hémithyroïdectomie droite.

### OBSERVATION N° 5

*Mme M...*, 23 ans.

Vient consulter pour fatigue et diarrhée rebelle; a maigri de 10 kilos en un an. Température 39°. Corps thyroïde légèrement augmenté de volume, de consistance normale. Elargissement de la fente palpébrale, yeux un peu saillants. Signes de Rosenbach, de Gellineck, nystagmus.

Tachycardie intermittente, sans lésion au cœur. T.A. 13,5-7, pouls à 160, 140, 120. Tremblements irréguliers.

Poumons normaux. Appétit capricieux. Desquamation intermittente des doigts.

Règles régulières. Rien dans les antécédents.

#### OBSERVATION N° 8

*Mme G...*, 24 ans.

Goitre serait apparu à la suite d'un accident, il y a six mois.

Corps thyroïde augmenté de volume en masse, de consistance dure.

Exophtalmie à droite, inégalité pupillaire, signes de De Graefe, de Topolanski, de Rosenbach.

Tremblements des extrémités.

Pas de lésion cardiaque, pouls à 100, 120.

Emotivité, instabilité d'humeur. Sueurs, fatigue générale intense.

Bien réglée depuis l'âge de 14 ans. Rien dans les antécédents.

#### OBSERVATION N° 10

*Mme V...*, 31 ans.

Mauvais état général, amaigrissement de 11 kilos en cinq mois, après son deuxième accouchement.

Thyroïde un peu augmentée de volume, de consistance plus ferme que normalement.

Pas de signes oculaires, éclat du regard seulement.

Tachycardie. T.A. 17-9, pouls à 120.

Tremblements extrêmement marqués de tous les membres; la malade écrit difficilement.

Emotivité, irritabilité, thermophobie, prurit.

Pas de troubles digestifs. Foie normal.

Réglée à 15 ans; actuellement règles tous les deux mois.

Mère goitreuse.

#### OBSERVATION N° 11

*Mlle V...*, 43 ans.

Goitre apparu il y a deux mois, en même temps que de la fixité du regard, qui s'est accompagnée rapidement d'exophtalmie.

Corps thyroïde considérablement augmenté de volume, de consistance dure, surtout au niveau de la ligne médiane.

Exophtalmie bilatérale, éclat du regard, instabilité oculaire, nystagmus, signe de Gellineck.

Tachycardie, pouls à 100.

Tremblements des extrémités. Nervosité, émotivité, thermophobie (la malade a toujours trop chaud), troubles vaso-moteurs.

Diarrhée profuse, pas de troubles digestifs.

Rien dans les antécédents.

Règles irrégulières et peu abondantes.

#### OBSERVATION N° 19

*Mlle W...*, 22 ans.

Goitre apparu à l'âge de 16 ans, accompagné de la suppression des règles pendant six mois. A déjà subi une hémithyroïdectomie gauche, suivie d'une amélioration passagère, puis le lobe droit s'est hypertrophié à son tour.

Actuellement, augmentation de volume du corps thyroïde portant surtout sur le lobe droit qui renferme des noyaux durs.

Exophtalmie bilatérale, plus marquée à gauche; signes de Rosenbach, de Stellwag, de Joffroy, de Topolanski.

Pas de tachycardie notable mais pouls à 100.

Tremblements des extrémités, gonflement de la main gauche.

Emotivité, nervosité, irritabilité, insomnie. Thermophobie très marquée.

Appétit conservé, mais digestions difficiles; alternatives de constipation et de diarrhée.

Réglée à 15 ans; règles peu abondantes.

Père goitreux.

#### OBSERVATION N° 30

*Mme B...*, 31 ans.

Depuis un an, le cou grossit, et il y a eu un amaigrissement de 4 kilos.

Actuellement corps thyroïde augmenté de volume, le lobe droit surtout, de consistance ferme et irrégulière par suite de la présence d'adénomes. Le goitre cause une gêne surtout nocturne.

Exophtalmie bilatérale, signes de Rosenbach et de Gellineck.

Tachycardie sans arythmie. T.A. 12-7, pouls à 130.

Légers tremblements des extrémités s'accroissant avec la fatigue.

A changé de caractère, est devenue très irritable. Thermophobie, bouffées de chaleur, sueurs. Chute des cheveux.

Erythrocyanose des membres inférieurs remontant jusqu'au tiers moyen des cuisses.

Frigidité. Règles durant un jour, diminuées depuis l'apparition du goitre.

Une sœur goitreuse.

OBSERVATION N° 36

*Mme P...*, 24 ans.

La malade a augmenté de 20 kilos dans les quatre dernières années.

Ce cou a commencé de grossir à l'âge de 12 ans.

Actuellement, corps thyroïde augmenté dans sa totalité, de consistance parenchymateuse.

Pas de troubles oculaires, sauf un léger strabisme intermittent.

Pas de tachycardie. T.A. 13-9. Pouls à 90.

Extrémités froides, perd ses cheveux.

Règles régulières, peu abondantes.

Parents originaires du Jura. Mère goitreuse.

OBSERVATION N° 39

*Mlle S...*, 54 ans.

La malade vient consulter pour augmentation de volume du cou, elle se plaint également de palpitations, mais déclare ne pas se sentir très malade.

Goitre de la grosseur d'une orange, arrondi, de consistance molle, intéressant le lobe droit du corps thyroïde.

Tachycardie légère. T.A. 12-8, pouls à 88.

Aucun signe oculaire, pas de tremblements des extrémités. Bon état général.

Deux sœurs porteuses de goitres simples.

OBSERVATION N° 53

*Mme B...*, 34 ans.

Trois mois après son accouchement, la malade voit son cou augmenter rapidement de volume, en même temps qu'apparaissent de l'exophtalmie et des signes d'hyperthyroïdie. Un traitement par l'iode et la diathermie la fait maigrir, son poids subit des variations de 20 kilos; elle pèse successivement 52, puis 80 kilos.

Actuellement goitre colloïde, avec anémie intense.

La malade a une pâleur cireuse, de l'œdème du visage, des jambes minces avec une peau lisse adhérente; elle présente des troubles analogues à ceux de la sclérodermie.

Rythme cardiaque lent, pouls à 60.

Rien dans les antécédents.

On décide de pratiquer l'ablation du goitre.

## CHAPITRE V

### ÉTUDE EXPÉRIMENTALE CHEZ L'HOMME

#### 1° Variation de l'A.I. sous l'influence de la thyroxine

Nous avons estimé qu'il était nécessaire d'apporter l'appui de bases expérimentales aux constatations purement cliniques relatives à l'A.I., en ce qui concerne le dépistage des hyperthyroïdies.

C'est ce que nous avons réalisé par l'injection de thyroxine à quelques sujets, suivant les directives du Docteur SAINTON.

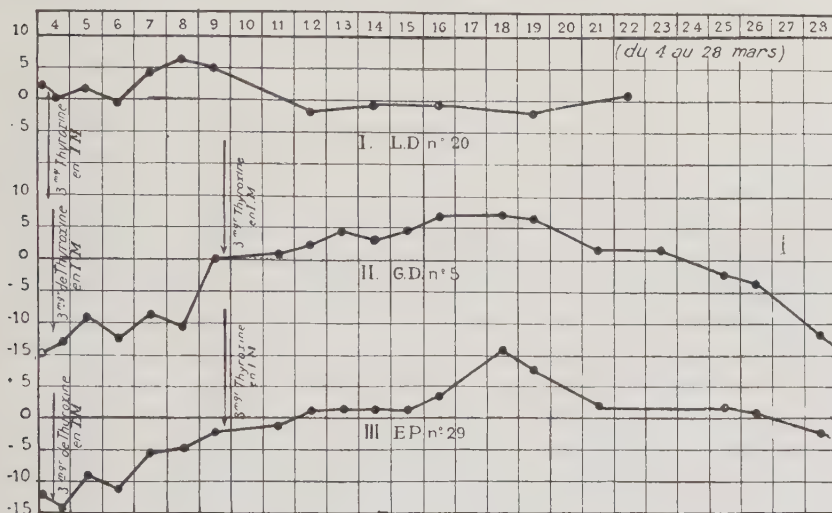


FIG. 12. — Variation de l'A.I. sous l'influence de la thyroxine.

Chez trois femmes hospitalisées à l'Hôtel-Dieu, l'une considérée comme normale, les deux autres atteintes de troubles psychiques légers, nous avons pratiqué une série de mesures destinées à établir la moyenne de l'angle d'impédance de chaque sujet. Puis nous leur avons injecté de la thyroxine dans le muscle.

La première malade a reçu une seule dose de thyroxine de 3 milligrammes; son angle d'impédance a été mesuré presque quotidiennement pendant trois semaines. Les deux autres ont reçu deux fois 3 milligrammes de thyroxine à cinq jours d'intervalle, elles ont été suivies pendant un mois dans les mêmes conditions.

La thyroxine, à cette dose, a été parfaitement tolérée.

L'examen des courbes (fig. 12) obtenues pour chaque sujet

montre que l'angle d'impédance est augmenté, mais que son élévation ne se manifeste nettement que les quatrième et cinquième jours après l'injection. A ce point de vue, l'angle d'impédance se comporte comme le métabolisme basal; PLUMMER [20], en effet, injectant à la même dose de la thyroxine, ne vit le métabolisme basal augmenter que le cinquième jour. Cette période de latence ou de méditation ne peut être en rapport qu'avec une élaboration mystérieuse, par la glande de la thyroxine introduite. KENDALL et SIMONSEN [21] considèrent que l'utilisation par la glande du produit injecté ne se fait qu'après addition d'un second groupe oxyhydrile. Quelle que soit l'hypothèse émise, l'existence d'une période latente exclut l'idée de toute excitation immédiate sur le système sympathique.

Chez notre malade I, l'angle l'impédance s'abaissa au bout de six jours, tomba au-dessous de la normale très légèrement, pour revenir à son chiffre initial. Il faut noter que chez elle ce chiffre était voisin de 0.

Chez les malades II et III, l'angle d'impédance initial était abaissé, il s'éleva le cinquième jour; une seconde injection de 3 milligrammes de thyroxine fut pratiquée à ce moment, l'angle d'impédance s'éleva progressivement pour atteindre son acmé le neuvième jour; il retomba ensuite à un chiffre voisin du chiffre initial au bout de onze jours.

Ces faits montrent donc que l'angle d'impédance dépend du degré d'hyperthyroïdie : il est à noter que son élévation est plus grande et plus rapide chez les sujets dont l'impédance est basse. SAINTON n'a-t-il pas soutenu qu'il était plus facile de transformer un hypothyroïdien en hyperthyroïdien qu'un sujet normal ?

M<sup>me</sup> BRAZIER et GRANT se sont posés la même question que nous et ont étudié l'action de l'extrait thyroïdien sur l'impédance chez un certain nombre de sujets par ingestion buccale d'extrait thyroïdien et de thyroxine; ils sont arrivés à cette conclusion, par comparaison avec les résultats du métabolisme basal, que la mesure de l'angle d'impédance était plus sensible que celle du métabolisme basal.

Les recherches qu'ils ont faites sur l'action de l'éphédrine, de la pilocarpine, de l'atropine sur l'angle d'impédance leur ont montré que celui-ci reste immuable, alors qu'il n'en est pas de même du métabolisme basal. Nos recherches sont d'accord avec celles des auteurs anglais et montrent que l'angle d'impédance est indépendant des facteurs qui agissent sur le système neuro-végétatif.

## 2° Variation de l'A.I. sous l'influence de la diathermie glandulaire

Depuis quelque années, les Docteurs DAUSSET et FERRIER [22] poursuivent, dans le Service de Physiothérapie de l'Hôtel-Dieu, une série de recherches sur l'action thérapeutique de la diathermie glandulaire.

Par application de courants à haute fréquence à faible intensité, suivant la technique établie par FERRIER, on obtient des résultats très intéressants dans un certain nombre d'affections endocriniennes, en particulier dans les hyperthyroïdies.

Nous avons pensé qu'il était important de voir quelle action la diathermie thyroïdienne pouvait exercer sur l'A.I..

Dans ce but, nous avons suivi six malades atteintes d'affections du corps thyroïde et soignées par diathermie, en leur faisant des mesures d'impédance avant et après chaque séance du traitement. Nous avons constaté souvent qu'une seule séance d'une demi-heure suffisait à faire varier l'A.I. Le tableau V résume nos résultats; son examen montre que l'A.I. est ramené à la valeur moyenne normale, quel que soit le point de départ, ce qui est une confirmation du rôle régulateur joué par la diathermie glandulaire à petite intensité.

| <p>TABLEAU V</p> <p>Variation de l'A.I. sous l'influence de la diathermie thyroïdienne</p> |                                         |                      |                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| N° DES<br>OBSERVATIONS                                                                     | VALEUR DE<br>L'A.I. AVANT<br>TRAITEMENT | NOMBRE<br>DE SÉANCES | VALEUR DE<br>L'A.I. APRÈS<br>TRAITEMENT |
| 1                                                                                          | — 28                                    | 6 séances            | — 17                                    |
| 2                                                                                          | — 21                                    | 12 séances           | — 11                                    |
| 3                                                                                          | — 7                                     | 4 séances            | — 1                                     |
| 4                                                                                          | + 17                                    | 26 séances           | + 3                                     |
| 5                                                                                          | + 22                                    | 35 séances           | + 9                                     |
| 6                                                                                          | + 39                                    | 20 séances           | + 16                                    |

Le métabolisme basal paraît se comporter de façon différente dans des conditions semblables.

En effet, au cours de leurs recherches sur le traitement par la diathermie des affections thyroïdiennes, JANKOWSKI et PTASZEK [23] ont toujours obtenu une augmentation du M.B., qu'il y ait eu hyperfonctionnement ou hypofonctionnement thyroïdien.

Dans un cas d'obésité d'origine thyroïdienne, nous avons constaté de curieuses fluctuations des valeurs de l'A.I. Une série de six séances de diathermie thyroïdienne fit passer ce test de —28 à —17, et produisit une amélioration nette (moins de torpeur et moins d'essoufflement). A ce moment, on effectua six séances de diathermie hypophysaire, qui eurent pour effet de ramener l'A.I. à —33; la malade se plaignit de nouveau des troubles du début et demanda que le traitement initial fut repris. Une seconde série de six séances de diathermie thyroïdienne éleva l'A.I. à —15 et s'accompagna d'une nouvelle amélioration.

Il nous a paru utile de rapporter ces observations, qui montrent que l'A.I. peut servir de moyen de contrôle des traitements diathermiques glandulaires, en raison de sa sensibilité, ainsi que de sa facilité d'application.

---

## CONCLUSIONS

---

1° L'Angle d'Impédance est un test électrique dépendant à la fois de la capacité et de la résistance ohmique du corps humain.

2° L'appareil que nous avons construit permet de mesurer l'Angle d'Impédance d'une manière simple, rapide et précise.

3° Les valeurs de l'Angle d'Impédance varient suivant le sexe; elles sont plus élevées chez les femmes que chez les hommes.

4° L'Angle d'Impédance est augmenté dans les cas d'hyperthyroïdie; il est normal ou diminué dans les goitres simples. Il peut donc permettre de déceler les premiers symptômes de goitre toxique.

5° L'Angle d'Impédance est indépendant des facteurs qui agissent sur le système neuro-végétatif et sa détermination est exposée à moins de contingences que celle du Métabolisme basal.

6° Nos résultats confirment ceux de M<sup>me</sup> BRAZIER. Cependant nos conclusions ne sont pas définitives et il y a lieu de poursuivre les recherches qui viennent d'être exposées. Pour cela, il nous faut opérer sur un très grand nombre de sujets, et établir des tables précises, comme on l'a fait pour le Métabolisme basal.

VU :

*Le Doyen,*

ROUSSY.

VU :

*Le Président,*

CARNOT.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

*Le Recteur de l'Académie de Paris,*

CHARLÉTY.

## BIBLIOGRAPHIE

1. JOLLY. — Untersuchungen über den elektrischen Leitungswiderstand des menschlichen Körpers. (*Festschrift, Strassburg*, 1884.)
2. DU BOIS-REYMOND. — Ueber secundär elektromotor Erscheinungen an Muskeln, Nerven und elektr. organen. (*Sitzungsber der Berliner Academie*, 1883, 1889 und 1890.)
3. WEISS. — Choix de la méthode à employer dans les mesures de résistance du corps humain. (*Bulletin de la Société des Electriciens*, mars 1889.)  
La résistance électrique du corps humain. (*Archives d'Electricité médicale*, 1893.)
4. VIGOUROUX. — Sur la résistance électrique considérée comme signe clinique. (*Progrès Médical*, 1888.)
5. CHANOUZ. — Contribution à l'étude de la polarisation de l'homme vivant. (*Annales d'Electrobiologie et de Radiologie*, 1908-1910.)
6. BOURGUIGNON. — Mesures de résistances par les décharges de condensateurs. (*Soc. de Biologie*, 17 juin 1916.)
7. GILDEMEISTER. — Ueber die in tierischen Körper bei elektrischen Durchströmung entstehenden Gegenkräfte. (*Pflüger's Archiv.*, t. 149, 1913. — *Ibid*, t. 162.)
8. PHILIPPSON. — Les lois de la résistance électrique des tissus vivants. (*Bull. de la classe des Sciences de l'Académie Royale de Belgique*, 4 juin 1921.)
9. STROHL. — La conductibilité électrique du corps humain. (*Paris*, 1925.)
10. GILDEMEISTER. — *Pflüger's Archiv.*, t. 176, 1919.
11. LUEG et GRASSHEIM. — *Zeits. f. klin. Med.*, t. 110, 1929.
12. Michaël G. WHOL — *Endocrinology*, vol. 17, n° 3, mai-juin 1933.
13. BRAZIER. — *Journ. Inst. Elect. Engineers*, t. 23, 1933.  
*The Lancet*, t. 2, 30 septembre 1933.  
*Ibid*, 20 janvier 1934.
14. KOHLRAUSCH et HOLBORN. — Das leitvermögen der Electrolyte. (*Leipzig*, 1898.)
15. WAGNER. — *Elekt. Zeits.*, n° 32, 1911 et n° 32, 1912.
16. COOPER. — Human Endocrine glands. (*Oxford Medical Publications*, 1925.)
17. BOOTHBY et SANDIFORD. — *Proc. XIII, Intern. Cong. of Physiologists*, 1929.
18. BRAZIER. — Etude de l'Angle d'Impédance chez les enfants normaux. (*The Lancet*, 20 octobre 1934.)
19. ROBERTSON et WILSON. — Etude combinée du Métabolisme basal et de l'Angle d'Impédance dans les thyrotoxicoses et le myxœdème. (*The Lancet*, 24 novembre 1934.)
20. PLUMMER. — *Journ. Amer. Med. Assoc.*, 1921, LXXVII, 243. — *Ibid*, 1923, LXXX, 1.955.
21. KENDALL and SIMONSEN. — *Jour. Biol. Chem.*, 1928, LXXX, 357.
22. DAUSSET et FERRIER. — La physiothérapie endocrinienne. (*Bull. off. Soc. Elect. et Rad.*, octobre 1934.)  
La d'Arsonvalisation mammaire à faible intensité. Son action sur le système endocrinien. (*Bull. off. Soc. Elect. et Rad.*, mars 1935.)
23. JANKOWSKI et PTASZEK. — Influence de la diathermie de la glande thyroïde sur le Métabolisme basal. (*C. R. Soc. Biol.*, 1930, CIII, 425-27.)



